



TUGAS AKHIR - TF 145565

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN LAJU
ALIRAN BROWN'S GAS PADA RUANG PEMBAKARAN
MENGUNAKAN GENERATOR HHO TIPE *DRY CELL***

ADITYA CATUR PRASETYO
NRP. 10 51 15 000 00 046

DOSEN PEMBIMBING
Arief Abdurrahman, S.T, M.T
NIP . 19870712 2014404 1 002

Herry Sufyan Hadi, S.T, M.T
NIP . 1988201711056

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK INSTRUMENTASI
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



TUGAS AKHIR - TF 145565

RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN LAJU ALIRAN BROWN'S GAS PADA RUANG PEMBAKARAN MENGUNAKAN GENERATOR HHO TIPE *DRY CELL*

ADITYA CATUR PRASETYO
NRP. 10 51 15 000 00 046

DOSEN PEMBIMBING
Arief Abdurrahman, S.T, M.T
NIP . 19870712 2014404 1 002

Herry Sufyan Hadi, S.T, M.T
NIP . 1988201711056

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK INSTRUMENTASI
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018



FINAL PROJECT - TF 145565

**DESIGN AND CONTROL OF BROWN'S GAS FLOW
CONTROL SYSTEM IN COMBUSTION ROOM USING
HHO GENERATOR *DRY CELL***

**ADITYA CATUR PRASETYO
NRP. 10 51 15 000 00 046**

ADVISOR LECTURER
Arief Abdurrahman, S.T, M.T
NIP . 19870712 2014404 1 002

Herry Sufyan Hadi, S.T, M.T
NIP . 19882017111056

STUDY PROGRAM OF D3 INSTRUMENTATION ENGINEERING
DEPARTEMEN OF INSTRUMENTATION ENGINEERING
Faculty of Vocation
Sepuluh Nopember institute of technology
Surabaya 2018

LEMBAR PENGESAHAN I

“RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN LAJU ALIRAN *BROWN’S GAS* PADA RUANG PEMBAKARAN MENGGUNAKAN GENERATOR HHO TIPE *DRY CELL*”

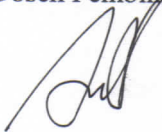
TUGAS AKHIR

Oleh :

ADITYA CATUR PRASETYO
NRP.10511500000046

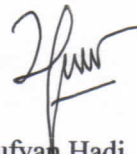
Surabaya, 24 Juli 2018
Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing I

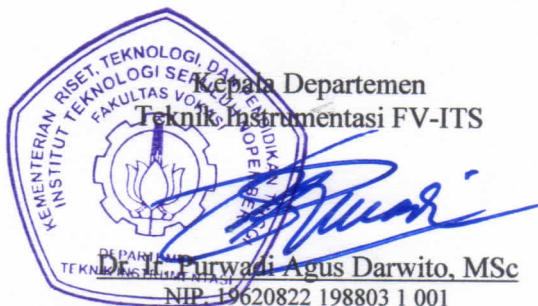


Arief Abdurrahman, S.T, M.T
NIP. 19870712 2014404 1 002

Dosen Pembimbing II



Herry Sufyan Hadi, S.T,M.T
NIP. 1988201711056



LEMBAR PENGESAHAN II

“RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN LAJU ALIRAN *BROWN’S GAS* PADA RUANG PEMBAKARAN MENGGUNAKAN GENERATOR HHO TIPE *DRY CELL*”

TUGAS AKHIR

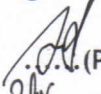
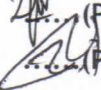
Diajukan Untuk Memperoleh salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar Ahli Madya
Pada
Program studi D3 Teknik Instrumentasi
Departemen Teknik Instrumentasi
Fakultas Vokasi
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**ADITYA CATUR PRASETYO
NRP.10511500000046**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Arief Abdurrahman, S.T, M.T
2. Herry Sufyan Hadi, S.T, M.T
3. Murry Raditya, S.T, M.T

 (Pembimbing 1)
 (Pembimbing 2)
 (Penguji)

**SURABAYA
2018**

“RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN LAJU ALIRAN *BROWN’S GAS* PADA RUANG PEMBAKARAN MENGGUNAKAN GENERATOR HHO TIPE *DRY CELL*”

Nama : Aditya Catur Prasetyo
NRP : 10511500000046
Program Studi : D3 Teknik Instrumentasi
Dosen Pembimbing : Arief Abdurrahman, S.T, M.T
Herry Sufyan Hadi, S.T, M.T

Abstrak

Pada era globalisasi perkembangan zaman yang modern diperlukannya suatu inovasi dalam pemanfaatan energi, khususnya pemanfaatan energy terbarukan. Dalam pemanfaatan energi terbarukan digunakan gas HHO sebagai penghemat bahan bakar sekaligus untuk mereduksi kadar gas buang hasil dari pembakaran kendaraan bermotor. Gas HHO didapat dari system elektrolisis. Elektrolisis adalah suatu proses untuk memisahkan senyawa kimia menjadi unsur-unsurnya atau memproduksi suatu molekul baru dengan memberi arus listrik. Sedangkan elektrolisis air adalah proses elektrolisa yang dimanfaatkan untuk memecah molekul air (H_2O) menjadi Hidrogen (H_2) dan Oksigen (O_2). Pada penambahan gas HHO dapat memberi efisiensi CO 17,02%, CO_2 24,12%, HC 55,83%, O_2 108,2%. Sedang untuk konsumsi bahan bakar didapat efisiensi sebesar 37,25%. Pengujian sensor sendiri didapatkan nilai maksimal histerisis 4,7% Dan akurasi 96%. Dengan mengetahui kadar oksigen dapat disimpulkan efisiensi pembakaran pada ruang pembakaran dengan set point 15%.

Kata Kunci: HHO, efisiensi, oksigen

“DESIGN AND CONTROL OF BROWN’S GAS FLOW CONTROL SYSTEM IN COMBUSTION ROOM USING HHO GENERATOR TYPE DRY CELL”

Name of Student : Aditya Catur Prasetyo
NRP : 10511500000046
**Department : Diploma of Instrumentation
Engineering**
**Advisor Lecturer : Arief Abdurrakhman, S.T, M.T
Herry Sufyan Hadi, S.T, M.T**

Abstract

In the era of globalization of modern times the development of an innovation in the use of energy, especially the utilization of renewable energy. In the utilization of renewable energy used HHO gas as a fuel saver as well as to reduce the exhaust gas content from motor vehicle burning. HHO gas is obtained from the electrolysis system. Electrolysis is a process for separating chemical compounds into their elements or producing a new molecule by giving an electric current. While electrolysis of water is an electrolysis process that is utilized to break down water molecules (H_2O) into Hydrogen (H_2) and Oxygen (O_2). On the addition of HHO gas can provide CO efficiency of 17.02%, CO_2 24.12%, HC 55.83%, O_2 108.2%. Being for fuel consumption obtained an efficiency of 37.25%. Sensory test got the maximum value of hysteresis 4.7% And 96% accuracy. By knowing oxygen level can be concluded combustion efficiency in combustion chamber with set point 15%.

Keywords: HHO, efficiency, oxygen

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas berkat, rahmat dan kebesaran-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Rancang Bangun Sistem Pengendalian Pengendalian Laju Aliran *Brown’s Gas* Pada Ruang Pembakaran Menggunakan Generator HHO Tipe *Dry Cell* “** tepat pada waktunya. Selama menyelesaikan tugas akhir ini penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Orang tua tercinta yang telah memberikan segala dukungan baik moral maupun materil serta dukungan yang sangat luar biasa
2. Bapak Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc selaku Kepala Departemen Teknik Instrumentasi ITS yang telah memberikan semangat dan motivasi kepada kami
3. Ir. Roekmono,MT. selaku dosen wali kami
4. Bapak Arief Abdurrahman, ST. M.T. dan Bapak Herry Sufyan Hadi, ST.M.T. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, arahan dan saran yang membantu selama proses pengerjaan tugas akhir.
5. Bapak Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA, selaku Kepala Laboraturium Workshop Instrumentasi yang telah memberikan izin menggunakan lab workshop instrumentasi sebagai tempat pengerjaan tugas akhir kami.
6. Terimakasih kepada mbak dan mas yang telah mendukung, memberikan motivasi selama ini. Terimakasih kepada BROWN’S GAS TEAM, Vivi, Habib, Egi yang bersama-sama berjuang dalam pengerjaan tugas akhir ini

7. Teman-teman tercinta Workshop Intrumentasi 2015 yang selalu senantiasa memberikan semangat dan semua pihak yang telah membantu terselesaikannya Tugas Akhir ini,
8. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa kesempurnaan hanya milik Allah SWT. Oleh sebab itu, penulis sangat berterimakasih atas segala masukan, kritik dan saran yang membangun dari pembaca agar laporan ini menjadi lebih baik untuk di kemudian hari. Demikian laporan ini penulis buat, semoga laporan ini dapat memberikan manfaat selain bagi penulis sendiri, dan bagi pembaca sekalian.

Surabaya, 10 Juli 2018

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL I.....	i
HALAMAN JUDUL II	ii
LEMBAR PENGESAHAN I.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN II.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Elektrolisis	5
2.2 Brown's gas	7
2.3 Generator HHO.....	8
2.4 Studi literatur jurnal	10
2.5 Sistem pengendalian feedback.....	11
2.6 Karakteristik static	13
2.7 Kalibrasi.....	15
2.8 Sistem pengendalian laju aliran brown's gas.....	15
2.9 Servo operating valve	16
2.10 Zirconia oxygen sensor	18
2.11 ATmega32	19
BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	
3.1 Perancangan Sistem	21
3.2 Perancangan mekanik alat	23
3.3 Perancangan sistem pengendalian laju aliran	26

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian emisi gas buang.....	29
4.2 Pengujian Sensor O ₂	31
4.3 Data hasil percobaan alat	39
4.4 Pembahasan	41

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pemecahan molekul air menjadi gas HHO	8
Gambar 2.2	Generator HHO Tipe <i>Dry Cell</i>	9
Gambar 2.3	Generator HHO Tipe <i>Wet Cell</i>	10
Gambar 2.4	Hasil Percobaan	11
Gambar 2.5	Hasil Pembacaan Sensor O ₂	11
Gambar 2.6	Diagram Blok Feedback.....	11
Gambar 2.7	P&ID Brown's gas sistem.....	13
Gambar 2.8	P&ID Pengendalian Laju Aliran	13
Gambar 2.9	Diagram Block Sistem Pengendalian Laju Aliran	16
Gambar 2.10	Servo Operation Valve.....	17
Gambar 2.11	Sensor O ₂	18
Gambar 2.12	Ic Chip Atmega32	20
Gambar 3.1	Flowchart Pembuatan alat	21
Gambar 3.2	Diagram Blok Sistem Pengendalian Laju Aliran	23
Gambar 3.3	<i>Block Flow Diagram Brown's Gas system</i>	24
Gambar 3.4	<i>Piping and Instrumentation Diagram Brown's Gas system</i>	25
Gambar 3.5	Rancang Bangun Sistem Pengendalian Laju Aliran Gas HHO	26
Gambar 3.6	Diagram Blok Sistem Pengendalian Laju Aliran	27
Gambar 4.1	<i>Brown's Gas system</i>	29
Gambar 4.2	<i>Grafik Respon System</i>	40
Gambar 4.3	Pemasangan Sensor.....	41
Gambar 4.4	Pemasangan Aktuator	42

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Hasil Uji Emisi Kendaraan	30
Tabel 4.2 Tabel Uji Sensor Pembacaan Naik	32
Tabel 4.3 Tabel Uji Sensor Pembacaan Turun	33
Tabel 4.4 Respon Aktuator	39

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanasan global dianggap sebagai salah satu masalah utama yang harus dihadapi masyarakat. Banyak teori mengacu pada peningkatan konsentrasi gas buang di atmosfer sebagai salah satu penyebab utama dari pemanasan global^[1]. Sektor industri dan mobil adalah sumber utama dari gas buang. Karena mereka memanfaatkan kekuatan terkait dengan pembakaran minyak sebagai sumber energi. Knalpot adalah tempat keluarnya emisi atau sisa pembakaran dari mesin. Sebuah uji emisi biasanya dilakukan dengan probe ditempatkan ke dalam aliran gas buang. Setiap kendaraan bermotor wajib memenuhi persyaratan kadar nilai gas buang yang di izinkan.

Pada umumnya kadar emisi yang terkandung pada mesin kendaraan bermotor adalah HC, NO_x, CO, CO₂, O₂. HC adalah suatu unsur dari hidrokarbon^[2]. Dengan kata lain ketika bahan bakar yang tidak terbakar pada ruang pembakaran dan ikut keluar melalui knalpot. HC ini juga dianggap berbahaya bila terhirup. Emisi NO_x sering terlihat pada gas yang keluar pada knalpot yang berupa gas panas dan berwarna hitam. CO dan CO₂ masing masing mengacu pada karbonmonoksida dan karbondioksida. Gas CO tidak berbau namun dapat menyebabkan sakit kepala bahkan dapat menyebabkan kematian jika terpapar gas CO dan CO₂ yang berlebihan. Gas O₂ adalah oksigen yang tidak terbakar di knalpot. Meskipun gas O₂ tidak berbahaya bagi manusia namun pada kendaraan bermotor jika kadar O₂ yang keluar dari ruang pembakaran terlalu besar dapat merusak mesin karena pembakaran pada ruang pembakaran tidak sempurna.

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah diuraikan diatas menunjukan peluang yang besar untuk meningkatkan efisiensi

bahan bakar, kinerja mesin kendaraan, dan kualitas emisi mesin. Peningkatan efisiensi tersebut juga dipengaruhi oleh keluaran oksigen dari hasil pembakaran. Semakin kecil kadar oksigen yang keluar dari ruang pembakaran maka semakin sempurna hasil pembakarannya. Nilai ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor, kandungan CO pada motor ditentukan maksimum 4,5 persen dan 3.000 ppm untuk HC (hidrokarbon) Pada prinsipnya, setiap pembakaran kendaraan akan menghasilkan CO₂ (sebagai sampah) dan O₂ terpakai (sebagai pembakar) (Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: KEP-35/MENLH/10/1993). Dalam pembakaran yang sempurna, O₂ harus rendah. CO₂ merupakan indikasi dari tingkat efisiensi pembakaran mesin bensin. Pada mesin motor generasi lama, pencampuran bahan bakar dengan udara diproses oleh karburator. Kelemahan mesin kendaraan karburator, akurasi campuran (bahan bakar dan udara) umumnya rendah karena kondisi permukaan bahan bakar dalam *float chamber carburator* mempengaruhi rasio campurannya. Sistem elektrolisis yang efisien yang bebas dari gangguan uap air harus dikaji sebagai bagian terpenting dari *mixfuel* management system. Oleh karena itu maka penulis mengajukan judul tentang “RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN LAJU ALIRAN *BROWN’S GAS* PADA RUANG PEMBAKARAN MENGGUNAKAN GENERATOR HHO TIPE *DRY CELL*”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan diatas, maka rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana merancang sebuah sistem pengendalian laju aliran pada ruang pembakaran dengan penambahan *Brown’s gas* menggunakan ATmega32?
2. Bagaimana proses pengendalian laju aliran pada ruang pembakaran dengan penambahan *Brown’s gas* menggunakan ATmega32?

1.3 Tujuan

Tujuan dari rancang bangun alat ini adalah untuk memberikan solusi pada rumusan masalah yaitu :

1. Menghasilkan sebuah sistem pengendalian laju aliran pada ruang pembakaran dengan penambahan *Brown's gas* menggunakan ATmega32.
2. Mengetahui proses pengendalian laju aliran pada ruang pembakaran dengan penambahan *Brown's gas* menggunakan ATmega32.

1.4 Batasan Masalah

Perlu diberikan beberapa batasan permasalahan agar pembahasan tidak menyimpang dari tujuan. Adapun batasan permasalahannya yaitu adalah ;

1. Merancang sistem pengendalian laju aliran pada ruang pembakaran untuk menghasilkan efisiensi kadar gas buang serta konsumsi bahan bakar.
2. Bahan generator yang digunakan stainless steel 316L
3. Engine yang digunakan pengujian motor automatic transmittion 110 cc
4. Bahan storage yang digunakan PVC
5. Bahan pengujian menggunakan KOH + aquadest.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Elektrolisis

Elektrolisis adalah suatu proses untuk memisahkan senyawa kimia menjadi unsur-unsurnya atau memproduksi suatu molekul baru dengan memberi arus listrik (Anne Marie Helmenstine, 2001). Sedangkan elektrolisis air adalah proses elektrolisa yang dimanfaatkan untuk memecah molekul air (H_2O) menjadi Hidrogen (H_2) dan Oksigen (O_2). Elektrolisis air pada dasarnya dilakukan dengan mengalirkan arus listrik ke air melalui dua buah elektroda (Katoda dan Anoda). Agar proses elektrolisa dapat terjadi dengan cepat maka air tersebut dicampur dengan elektrolit sebagai katalis.

Elektrolisis adalah suatu proses untuk memisahkan senyawa kimia menjadi unsur-unsurnya atau memproduksi suatu molekul baru dengan memberi arus listrik (Anne Marie Helmenstine, 2001). Sedangkan elektrolisis air adalah proses elektrolisa yang dimanfaatkan untuk memecah molekul air (H_2O) menjadi Hidrogen (H_2) dan Oksigen (O_2). Elektrolisis air pada dasarnya dilakukan dengan mengalirkan arus listrik ke air melalui dua buah elektroda (Katoda dan Anoda). Agar proses elektrolisa dapat terjadi dengan cepat maka air tersebut dicampur dengan elektrolit sebagai katalis.

- Reaksi oksidasi di anoda (+) :
$$2 \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow \text{O}_2 (\text{g}) + 4 \text{H}^+ (\text{aq}) + 4 \text{e}^-$$
- Reaksi reduksi di katoda (-) :
$$2 \text{H}^+ (\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 (\text{g})$$
- Reaksi keseluruhan :
$$2 \text{H}_2\text{O} (\text{l}) \rightarrow 2 \text{H}_2 (\text{g}) + \text{O}_2 (\text{g})$$

Adapun Faktor yang mempengaruhi elektrolisis antara lain adalah:

1. Penggunaan Katalisator

Misalnya H_2SO_4 dan KOH berfungsi mempermudah proses penguraian air menjadi hidrogen dan oksigen karena ion⁻ ion katalisator mampu mempengaruhi kesetabilan molekul air menjadi menjadi ion H dan OH yang lebih mudah di elektrolisis karena terjadi penurunan energi pengaktifan. Zat tersebut tidak mengalami perubahan yang kekal (tidak dikonsumsi dalam proses elektrolisis). Penggunaan asam sulfat sebagai katalis dalam proses elektrolisis menjadi pilihan utama dibandingkan KOH . Karena asam sulfat melepaskan H^+ yang memudahkan membentuk gas hidrogen. Sedangkan KOH melepaskan OH^- yang menghambat pembentukan gas hidrogen.

2. Luas Permukaan Tercelup

Semakin banyak luas yang semakin banyak menyentuh elektrolit maka semakin mempermudah suatu elektrolit untuk mentransfer elektronnya. Sehingga terjadi hubungan sebanding jika luasan yang tercelup sedikit maka semakin mempersulit elektrolit untuk melepaskan elektron dikarenakan sedikitnya luas penampang penghantar yang menyentuh elektrolit. Sehingga transfer elektron bekerja lambat dalam mengelektrolisis elektrolit. Pada tugas akhir ini luasan yang terelektrolisis sekitar 60% dan cukup dibatasi dengan o-ring atau seal yang berdiameter 70 mm pada setiap plat yang digunakan. Selain itu pada setiap plat terdapat dua lubang berdiameter 12 mm untuk saluran gas HHO yang berada di bagian atas dan di bawah.

3. Konsentrasi Pereaksi

Semakin besar konsentrasi suatu larutan pereaksi maka akan semakin besar pula laju reaksinya. Hal ini dikarenakan dengan prosentase katalis yang semakin tinggi dapat mereduksi hambatan pada elektrolit. Sehingga transfer. Elektron dapat lebih cepat meng-elektrolisis elektrolit dan dapat ditarik garis lurus

bahwa terjadi hubungan sebanding terhadap prosentase katalis dengan transfer elektron^[1] Penggunaan katalis untuk paling optimum adalah 27%.

4. Bahan Stainless Steel sebagai Elektroda

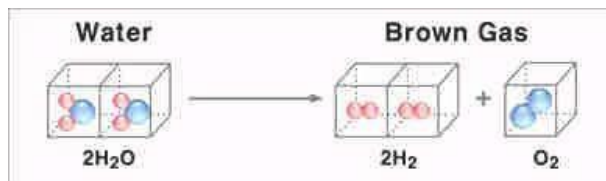
Elektroda merupakan salah satu komponen yang sangat penting pada proses elektrolisis air. Elektroda berfungsi sebagai penghantar arus listrik dari sumber tegangan ke air yang akan dielektrolisis. Material serta luasan elektroda yang digunakan sangat berpengaruh terhadap gas HHO yang dihasilkan dari proses elektrolisis air. Stainless Steel merupakan logam paduan yang memiliki konduktifitas dan ketahanan terhadap korosi yang relatif lebih baik di banding logam-logam paduan ataupun logam murni lainnya dan harganya juga relatif lebih terjangkau. Sehingga Stainless steel menjadi pilihan yang tepat untuk digunakan sebagai elektroda pada proses elektrolisis.

2.2 Brown's gas

Brown's Gas atau yang disebut HHO (Hidrogen Hidrogen Oksigen) merupakan gas hasil dari proses pemecahan air murni (H_2O) dengan proses elektrolisis. Gas yang dihasilkan dari proses elektrolisis air tersebut adalah gas Hidrogen dan Oksigen, dengan komposisi 2 Hidrogen dan 1 Oksigen (HHO) (Peter E.W Lowrie, 2005), sebagaimana terdapat pada Gambar 2.1. Oleh karena itu Brown's gas juga lebih dikenal dengan nama gas HHO, selain itu gas HHO juga dikenal dengan sebutan oxy-hydrogen (Abdurrahman, A., Guntur, H. L. 2010).

Teknologi untuk memecah molekul air menjadi gas HHO dengan cara elektrolisis air sebenarnya telah ditemukan sejak tahun 1800 oleh William Nicholson dan Johann Ritter. Kemudian pada tahun 1805, Isaac de rivaz (1752-1828) menggunakan gas hidrogen dari hasil elektrolisis air sebagai bahan bakar mesin pembakaran internal yang ia rancang dan ia buat sendiri

(Poempida Hidayatullah dan F.Mustari, 2008). Pada saat itu bahan bakar fosil belum ditemukan. Namun gas hasil dari elektrolisis air tersebut baru diberi nama dan dipatenkan oleh Dr. Yull Brown, pada tahun 1974. Gas hasil dari elektrolisis air tersebut diberi nama Brown's gas. Selain menggunakannya sebagai suplemen bahan bakar pada mesin, Dr. Yull Brown juga menggunakan Brown's Gas untuk pengelasan (cutting and welding torch). Selain sebagai bahan bakar kendaraan dan pengelasan, Brown's Gas juga dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk kompor (Rusminto T, dkk 2009).



Gambar 2.1 Pemecahan molekul air menjadi gas HHO^[1]

2.3 Generator HHO

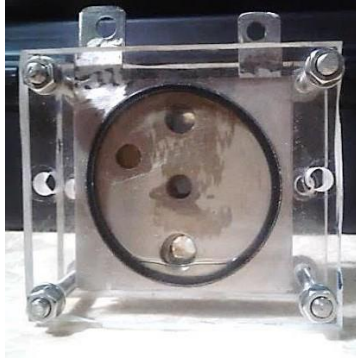
Generator gas HHO tersusun atas 2 komponen dasar, yaitu tabung generator yang terdiri atas tabung, sepasang elektroda dan elektrolit. Dan sumber tenaganya yang berupa baterai ataupun aki. Generator ini bekerja dengan prinsip elektrolisa air. Generator gas HHO diklasifikasikan menjadi dua tipe, yakni sebagai berikut:

1. Generator HHO Tipe dry cell

Generator HHO dimana sebagian elektrodanya tidak terendam elektrolit. Keuntungan generator HHO tipe dry cell adalah :

- a. Penggunaan air untuk proses elektrolisa hanya sedikit, yaitu hanya air yang terjebak diantara lempengan cell.

- b. Ada sirkulasi air dengan tambahan reservoir, dimana cukup untuk menurunkan temperatur kerja dari generator itu sendiri.
- c. Konstruksinya yang simpel, tidak memerlukan space yang banyak.^[2]



Gambar 2.2 Generator HHO Tipe Dry Cell^[2]

2. Generator HHO Tipe wet cell

Generator HHO dimana semua elektrodanya terendam cairan elektrolit di dalam sebuah bejana air. Keuntungan generator gas HHO tipe wet cell adalah:

- a. Produksi yang dihasilkan lebih banyak dikarenakan luasan elektroda yang sepenuhnya terendam larutan elektrolit.
- b. Perawatan generator yang lebih ringkas
- c. Pembuatan generator tipe wet cell lebih mudah dan cepat.



Gambar 2.3 Generator HHO tipe wet cell^[2]

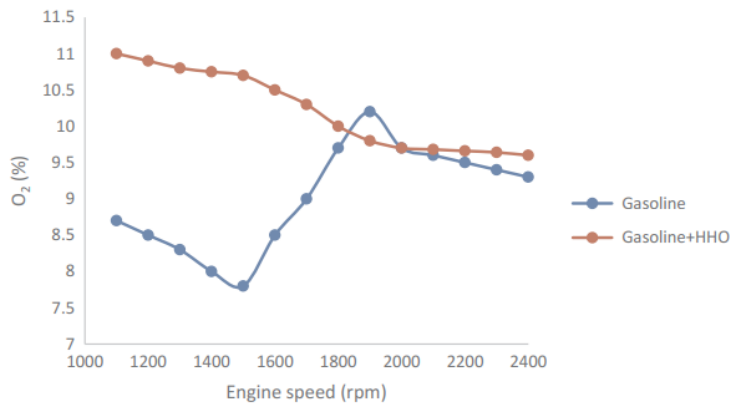
2.4 Studi literature jurnal

Studi literatur jurnal yaitu untuk mencari teori-teori yang akan digunakan dan ideal untuk proses pengerjaan tugas akhir. Agar didapatkan percobaan yang lebih baik diperlukannya studi literatur. Studi literatur harus pada percobaan yang sudah dikatakan baik dan relevan terhadap apa yang akan menjadi sebuah percobaan sehingga suatu percobaan tersebut mendapatkan nilai yang baik dan dapat menjadi suatu acuan karena sudah pernah dilakukannya percobaan. Studi literatur yang digunakan didapat dari Sa'ed A. Musmar. 2011 "Effect of HHO gas on combustion emissions in gasoline engines" Mutah University, Jordan.

Pada jurnal tersebut HHO digunakan untuk kendaraan bermotor dengan metode menggunakan generator tipe dry cell dengan menggunakan stainless steel 316L dengan menggunakan variasi jumlah NaOH 10g, 20g, 30g, 40g, 50g didapatkan hasil seperti gambar berikut :

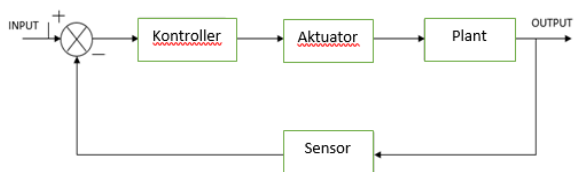
Amount of NaOH	Operating time, (min)	Voltage, (V)	Amperage, (A)	Produced HHO $\times 10^{-3}$ (LPM)	Water temperature (°C)
50 g	0	13.8	5.9	650	30
	30	13.8	6.1	720	46
	60	13.8	6.25	800	52
	90	13.8	6.4	820	54
40 g	0	13.8	5.8	600	28
	30	13.8	6	705	45
	60	13.8	6	705	45
	90	13.8	6	705	45
30 g	0	13.8	4.87	521	28
	30	13.8	5.2	705	43
	60	13.8	5.2	705	43
	90	13.8	5.2	705	43
20 g	0	13.8	4.57	347	30
	30	13.8	5	470	46
	60	13.8	5	470	46
	90	13.8	5	470	46
10 g	0	13.8	3.8	369	30
	30	13.8	4	380	35
	60	13.8	4	380	35
	90	13.8	4	380	35

Gambar 2.4 hasil percobaan^[2]



Gambar 2.5 Hasil Pembacaan Sensor O₂^[2]

2.5 Sistem pengendalian feedback



Gambar 2.6 Diagram Blok Feedback

Feedback control adalah suatu sistem pengontrolan dimana control action tergantung pada output proses. Tipe sistem kontrol ini mengukur process variable pada output proses. Setiap terjadi perubahan pengukuran pada outlet proses akibat adanya efek dari disturbances (load), maka sistem kontrol feedback bereaksi memberikan corrective action untuk menghilangkan kesalahan (error).

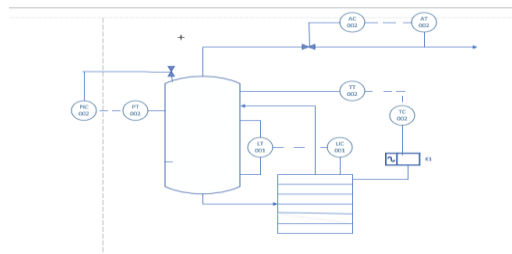
Sensor adalah elemen sistem yang secara efektif berhubungan dengan proses dimana suatu variabel sedang diukur dan menghasilkan suatu keluaran dalam bentuk tertentu tergantung pada variabel masukannya, dan dapat digunakan oleh bagian sistem pengukuran yang lain untuk mengenali nilai variabel tersebut^[3]. Sebagai contoh adalah sensor O₂ yang memiliki masukan berupa kadar oksigen yang terkandung serta keluaran berupa tegangan DC sebesar 0 – 1 VDC tegangan yang kecil. ini oleh bagian sistem pengukuran yang lain dapat diperkuat sehingga diperoleh pembacaan pada alat ukur.

Kontroler merupakan elemen sistem pengaturan yang berfungsi mengolah sinyal umpan balik dan sinyal masukan acuan (setpoint) atau sinyal error mejadi sinyal kontrol. Sinyal error disini adalah selisih antara sinyal umpan balik yang dapat berupa sinyal keluaran plant sebenarnya atau sinyal keluaran terukur dengan sinyal masukan acuan (*setpoint*)^[3].

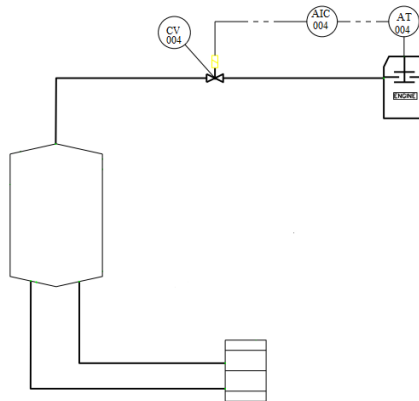
Aktuator adalah sebuah peralatan mekanis untuk menggerakkan atau mengontrol sebuah mekanisme atau sistem. Aktuator diaktifkan dengan menggunakan lengan mekanis yang biasanya digerakkan oleh motor listrik, yang dikendalikan oleh media pengontrol otomatis yang terprogram di antaranya mikrokontroler. Aktuator adalah elemen yang mengkonversikan besaran listrik analog menjadi besaran lainnya misalnya kecepatan putaran dan merupakan perangkat elektromagnetik

yang menghasilkan daya gerakan sehingga dapat menghasilkan gerakan pada robot. Untuk meningkatkan tenaga mekanik aktuator ini dapat dipasang sistem gearbox. Aktuator dapat melakukan hal tertentu setelah mendapat perintah dari controller [3].

Plant adalah nama lain untuk sistem. Plant adalah seperangkat peralatan yang hanya terdiri dari beberapa bagian dan bekerja bersama-sama, yang digunakan untuk melakukan suatu operasi tertentu^[3]. Pada sistem pengendalian, setiap obyek fisik yang dikontrol disebut plant.



Gambar 2.7 P&ID Brown's gas sistem



Gambar 2.8 P&ID Pengendalian Laju Aliran

2.6 Karakteristik Statik

Karakteristik statik adalah sifat sebuah instrumen yang tidak bergantung pada waktu. Beberapa karakteristik statik instrumen yang sering digunakan adalah :

2.6.1 Range (span)

Range menyatakan jangkauan pengukuran sebuah instrumen. Sedangkan span adalah selisih nilai maksimum dan minimum yang dapat diukur oleh alat. Contoh: termometer memiliki range - 0,5 sampai + 40°C, subdivision 0,1°C, artinya kisaran pengukuran - 0,5 sampai 40,5°C, skala interval 0,1°C.

2.6.2 Linieritas

Pengukuran yang ideal adalah jika hubungan antara input pengukuran (nilai sesungguhnya) dengan output pengukuran (nilai yang ditunjukkan alat ukur) adalah berbanding lurus, dan dinyatakan dalam persamaan garis sebagai berikut:

$$O_{ideal} = KI + a \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{dengan } K \text{ adalah kemiringan garis} = \frac{O_{max} - O_{min}}{I_{max} - I_{min}} \dots\dots\dots(2)$$

a adalah pembuat nol (zero bias) = $O_{min} - KI_{min}$

Jika sebuah instrumen memiliki hubungan input-output tidak berupa garis lurus, penyimpangan dari garis lurus tersebut dikenal sebagai nonlinieritas. Seringkali nonlinieritas dinyatakan dalam nonlinieritas maksimum dalam bentuk prosentase skala penuh, yaitu:

$$\%NL = \frac{[OKI]_{max} - [OKI]_{min}}{O_{max} - O_{min}} \dots\dots\dots(3)$$

2.6.3 Sensitivitas

menunjukkan seberapa jauh kepekaan sensor terhadap kuantitas yang diukur. Sensitivitas sering juga dinyatakan dengan

bilangan yang menunjukkan “perubahan keluaran dibandingkan unit perubahan masukan” yaitu $\Delta O / \Delta I$.

2.6.4 Histerisis

Histeresis menunjukkan perbedaan nilai output pembacaan saat menggunakan nilai input naik (dari rendah ke tinggi), dengan nilai output pembacaan saat menggunakan nilai input turun (dari tinggi ke rendah). Histeresis biasanya dinyatakan dalam histeresis maksimum dalam bentuk prosentase skala penuh, yaitu:

$$\hat{H} = \frac{Q_{max} - Q_{min}}{Q_{max} - Q_{min}} \cdot 100\% \quad (4)$$

2.7 Kalibrasi

2.7.1 Analisa Type A , (U_a)

Pada tipe ini biasanya ditandai dengan adanya data pengukuran, misalnya n kali pengukuran, maka selanjutnya dari data tersebut, akan ditemukan nilai rata-ratanya, standar deviasinya, dan atau repeatabilitynya. Bentuk kurva dari tipe ini adalah sebaran Gauss. Rumus umum ketidakpastian untuk tipe A ini adalah:

$$U_a = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

dimana σ = Standar Deviasi

2.7.2 Analisa type B, U_b

Jika Alat digital : Ketidakpastian (u)

$$u = (1/2 \text{ resolusi}) / \sqrt{3} \quad (6)$$

untuk Alat analog : Ketidakpastian (u)

$$u = \text{Readability} / 2 \quad (7)$$

2.7.3 Ketidakpastian Kombinasi , U_c

Selanjutnya dari semua sumber ketidakpastian tersebut diatas harus dikombinasikan / digabungkan untuk memberikan

gambaran menyeluruh ketidakpastian dari hasil kalibrasi tersebut. Rumus umum ketidakpastian kombinasi adalah:

$$U_c = \sqrt{\sum (U_a)^2 + \sum (U_B)^2} \dots\dots\dots(8)$$

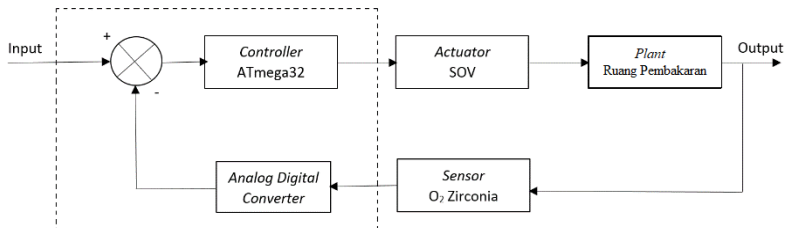
Atau secara umum :

$$U_{c2} = \Sigma(Ci.Ui)^2 \dots\dots\dots(9)$$

Dimana ci = koefisien sensitifitas dari ketidakpastian ke-I

2.8 Sistem pengendalian laju aliran brown's gas

Pengendalian loop tertutup laju aliran sangat diperhatikan pada proses ini untuk menjaga kestabilan kadar O_2 yang ada pada outlet ruang pembakaran. Setpoint O_2 yang ada pada outlet ruang pembakaran dijaga untuk tetap pada nilai 10% sampai 15% dengan output dari sensor 0,5vdc sampai 0,75vdc. Kadar O_2 dikendalikan dengan sensor O_2 yang ditempatkan pada outlet ruang pembakaran dan controller berupa mikrokontroler atmega, mikrokontroler mengolah data dari sensor untuk selanjutnya digunakan untuk memerintahkan actuator untuk membuka dan menutup aliran gas yang akan masuk ke ruang pembakaran. Berikut adalah diagram blok sistem pengendalian laju aliran.



Gambar 2.9 Diagram Block Sistem Pengendalian Laju Aliran

2.9 Servo Operated Valve

Servo Operating Valve atau motor servo adalah sebuah motor DC yang dilengkapi rangkaian kendali dengan sistem closed feedback yang terintegrasi dalam motor tersebut. Pada motor servo posisi putaran sumbu (axis) dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo.



Gambar 2. 10 Servo Operation Valve

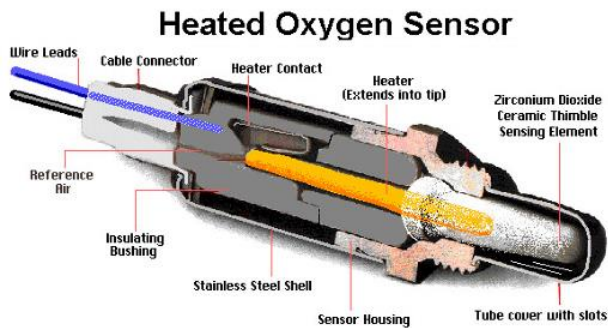
Motor servo disusun dari sebuah motor DC, gearbox, variabel resistor (VR) atau potensiometer dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas maksimum putaran sumbu (axis) motor servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang pada pin kontrol motor servo. Motor servo adalah motor yang mampu bekerja dua arah (CW dan CCW) dimana arah dan sudut pergerakan rotornya dapat dikendalikan dengan memberikan variasi lebar pulsa (duty cycle) sinyal PWM pada bagian pin kontrolnya.

Motor Servo akan bekerja secara baik jika pada bagian pin kontrolnya diberikan sinyal PWM dengan frekuensi 50 Hz. Dimana pada saat sinyal dengan frekuensi 50 Hz tersebut dicapai pada kondisi Ton duty cycle 1.5 ms, maka rotor dari motor akan berhenti tepat di tengah-tengah (sudut 0°/ netral). Pada saat Ton

duty cycle dari sinyal yang diberikan kurang dari 1.5 ms, maka rotor akan berputar ke berlawanan arah jarum jam (Counter Clock wise, CCW) dengan membentuk sudut yang besarnya linier terhadap besarnya Ton duty cycle, dan akan bertahan diposisi tersebut. Dan sebaliknya, jika Ton duty cycle dari sinyal yang diberikan lebih dari 1.5 ms, maka rotor akan berputar searah jarum jam (Clock Wise, CW) dengan membentuk sudut yang linier pula terhadap besarnya Ton duty cycle, dan bertahan diposisi tersebut.

Berat	: 13.4g
Ukuran	: 22.8 x 12.2 x 28.5mm
Stall torque	: 1.8 kg-cm (4.8V DC); 2.2 kg-cm (6V DC)
Speed	: 0.1 sec/60 (4.8V DC); 0.08 sec/60 (6V DC)
Tegangan	: 4.8-6V DC
Gear	: metal gear
Panjang kabel	: 15cm

2.10 Zirconia Oxygen Sensor



Gambar 2.11 Sensor O₂

O₂ sensor merupakan salah satu sensor pendeteksi gas buang di saluran exhaust pada motor. Sensor ini berfungsi mengatur pasokan bahan bakar agar sesuai dengan kebutuhan di ruang pembakaran. Teknologi ini juga membuat motor menjadi

ramah lingkungan karena pasokan bahan bakar dapat menekan emisi gas buang. Cara kerjanya, O_2 sensor akan membandingkan jumlah O_2 sisa pembakaran dengan O_2 dari udara luar. Hasil perbandingan ini yang nantinya diubah menjadi arus listrik untuk kemudian memberi sinyal ke kontroler. Sinyal yang didapat akan membuat kontroler menentukan takaran bahan bakar ideal yang disemprotkan ke ruang pembakaran berdasarkan deteksi gas buang. Dengan sensor O_2 ini, maka konsumsi bahan bakar menjadi lebih irit dan juga ramah lingkungan.

2.11 ATMega32

Mikrokontroler adalah suatu alat elektronika digital yang mempunyai masukan dan keluaran serta kendali dengan program yang bisa ditulis dan dihapus dengan cara khusus, cara kerja mikrokontroler sebenarnya membaca dan menulis data. Mikrokontroler adalah sebuah komputer didalam chip yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik. Mikrokontroler itu sejenis mikroprosesor yang menekankan efisiensi dan efektifitas biaya. Secara harfiahnya adalah "pengendali kecil" dimana sebuah sistem elektronik yang sebelumnya banyak memerlukan komponen-komponen pendukung seperti IC TTL dan CMOS dapat direduksi / diperkecil dan akhirnya terpusat serta dikendalikan oleh mikrokontroler ini. Mikrokontroler pertama kali dikenalkan oleh Texas Instrument dengan seri TMS 1000 pada tahun 1974 yang merupakan mikrokontroler 4 bit pertama. Mikrokontroler ini mulai dibuat sejak 1971. Merupakan mikrokomputer dalam sebuah chip, lengkap dengan RAM dan ROM. Kemudian, pada tahun 1976 Intel mengeluarkan mikrokontroler yang kelak menjadi populer dengan nama 8748 yang merupakan mikrokontroler 8 bit, yang merupakan mikrokontroler dari keluarga MCS 48. Sekarang di pasaran banyak sekali ditemui mikrokontroler mulai dari 8 bit sampai

dengan 64 bit, sehingga perbedaan antara mikrokontroler dan mikroprosesor sangat tipis. Masing vendor mengeluarkan mikrokontroler dengan dilengkapi fasilitas yang cenderung memudahkan user untuk merancang sebuah sistem.

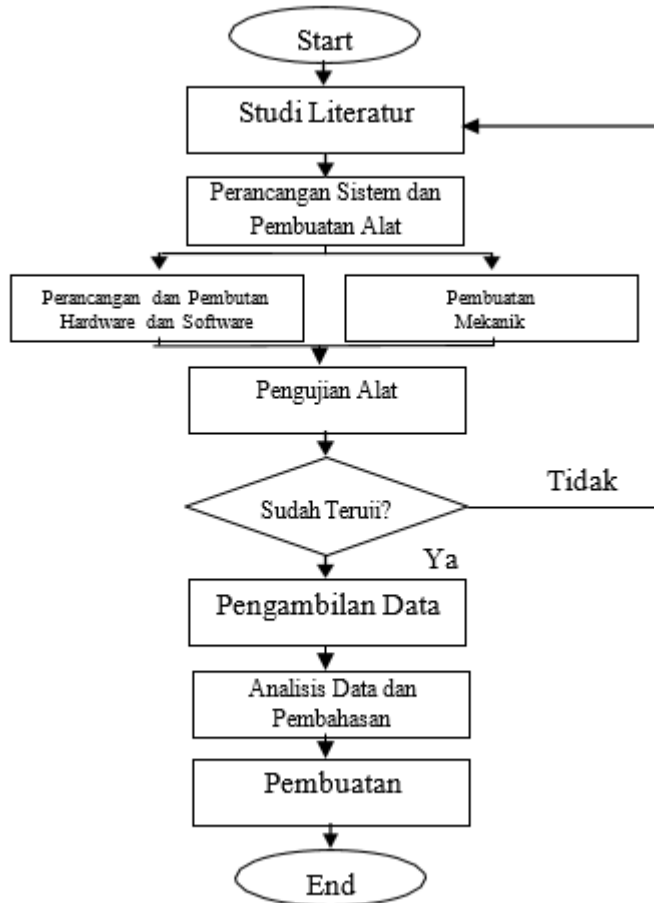


Gambar 2.12 Ic Chip Atmega32

BAB III

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Perancangan sistem



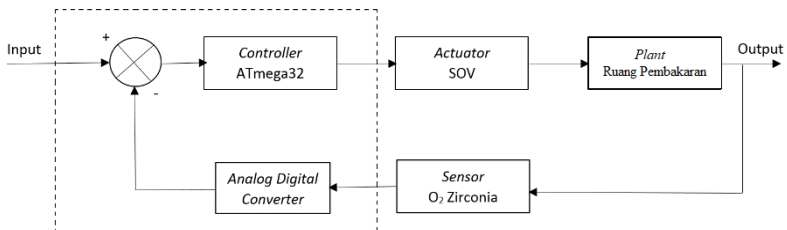
Gambar 3.1 *Flowchart* Pembuatan Alat

Adapun penjelasan dari langkah-langkah *flowchart* ini yaitu:

1. Studi literatur lapangan yaitu untuk mencari teori-teori yang akan digunakan dan ideal untuk proses pengerjaan tugas akhir.
2. Perancangan sistem yaitu untuk merancang baik dari *hardware* dan *software* yang digunakan
3. Tujuan pembuatan yaitu untuk menjawab dari permasalahan yang ada yaitu untuk merancang dan memasang sensor, *valve*, serta kontroler yang digunakan agar sistem pengendalian *flow brown's gas* dapat ideal
4. Pengambilan data, digunakan untuk mengambil data dari hasil *running power plant* terhadap sistem pengendalian laju aliran..
5. Analisis data dan penarikan kesimpulan yaitu menganalisis dari hasil pengambilan data serta mengambil kesimpulan.

Diagram alir diatas merupakan tahapan pengerjaan tugas akhir mulai dari start hingga end. Tahap awal pada diagram alir ini dimulai dengan adanya studi literatur sebagai upaya pemahaman terhadap materi yang menunjang tugas akhir. Setelah melakukan studi literatur, selanjutnya adalah melakukan perancangan sistem dan mempersiapkan komponen yang dibutuhkan. Kemudian dibuat perancangan *hardware*, *software*, dan mekanik dari sistem pengendalian laju aliran berbasis ATmega32. Setelah itu dibuat sistem pengendalian laju aliran, kemudian dilakukan pengujian alat dengan memberi *input* berupa kadar oksigen pada *exhaust* ruang pembakaran, sehingga dapat diketahui pembacaan kadar oksigen. Setelah pembuatan rancangan telah selesai dengan hasil yang sesuai dengan yang diinginkan, kemudian dilakukan analisis data dengan memanfaatkan hasil dari uji performansi dan sistem pengendalian. Setelah semua hasil yang diinginkan tercapai mulai dari studi literatur hingga analisa data dan kesimpulan dicantumkan dalam sebuah laporan.

Diagram blok merupakan salah satu cara yang paling sederhana untuk menjelaskan cara kerja dari suatu sistem. Dengan diagram blok dapat menganalisa cara kerja rangkaian dan merancang hardware yang akan dibuat secara umum. Adapun diagram blok dari sistem yang dirancang, seperti yang diperlihatkan pada gambar 3.2



Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem Pengendalian Laju Aliran

Gambar 3.2 diatas merupakan gambar diagram blok sistem pengendalian laju aliran yang terdiri dari mikrokontroler ATmega32 sebagai *controller*, motor servo sebagai *actuator*, Brown's gas sebagai gas yang dikendalikan alirannya, dan sensor O_2 sebagai sensor untuk sensing kadar oksigen yang terkandung pada *exhaust* ruang pembakaran.

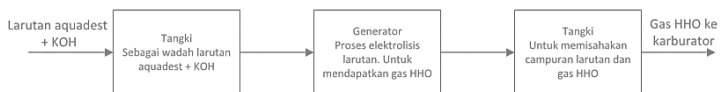
3.2 Perancangan mekanik alat

Sistem pengendalian laju aliran pada *plant* brown's gas ini terletak pada kadar O_2 adalah sebuah rangkaian dari beberapa komponen mekanik dan elektrik yang membentuk sistem pengendali *Brown's Gas*, yang dimana *Brown's Gas system* ini dapat menghasilkan produk gas HHO yang nantinya akan digunakan sebagai tenaga penyuplai pada kendaraan motor. Dalam menghasilkan gas HHO ini dilakukan sistem pengendalian proses kontrol, pada tugas akhir ini digunakan pengendalian laju aliran gas HHO di ruang pembakaran. Berikut adalah gambaran proses pada *Brown's Gas system*.

Perancangan *hardware* untuk *Brown's Gas system* memiliki beberapa kategori yaitu *Brown's Gas system*, dan sistem kontrol laju aliran gas HHO dan indicator berikut adalah penjelasan setiap perancangan tersebut:

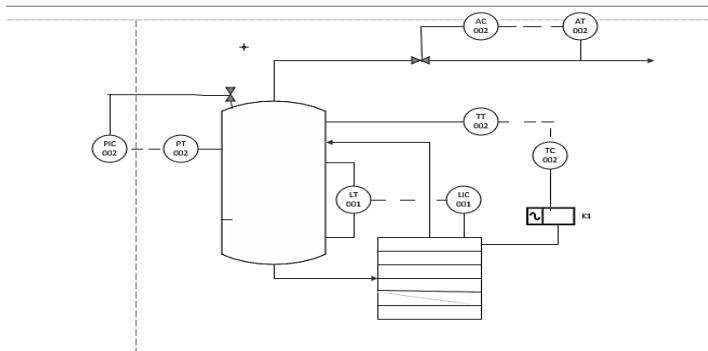
Brown's Gas system

Brown's Gas system mempunyai banyak proses yaitu mulai dari bahan yang digunakan percampuran *aquadest* dengan KOH dengan perbandingan 1 liter *aquadest* : 13 gram KOH yang kemudian langsung masuk kegenerator untuk di elektrolisis dengan menggunakan tegangan 12 vdc yang didapat dari aki motor dan kemudian gas HHO yang masih bercampur dengan *aquadest* dan KOH dimasukkan lagi kedalam tangki untuk dipisahkan dengan cara ditubrukkan. Selanjutnya gas HHO murni akan masuk keruang pembakaran motor. Berikut adalah gambar *block flow diagram Brown's Gas system* :



Gambar 3.3 *Block Flow Diagram Brown's Gas system*

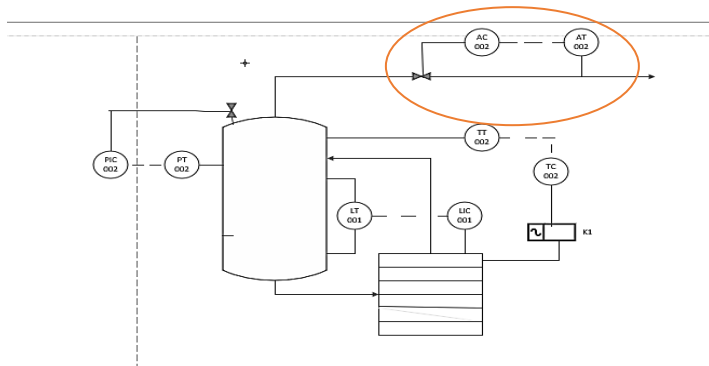
Pada gambar 3.3 *Block Flow Diagram Brown's Gas system* merupakan bagian-bagian penting pada proses *Brown's Gas system*. Laju aliran gas HHO harus disesuaikan dengan konsumsi pembakaran yang terjadi pada ruang bakar. Pembakaran dapat dikatakan sempurna dengan salah satu parameter kadar gas buang O_2 10% dibandingkan kadar O_2 luar. Desain P&ID nya dapat dilihat pada gambar 3.4 *Piping and Instrumentation Diagram Brown's Gas system*



Gambar 3.4 *Piping and Instrumentation Diagram
Brown's Gas system*

Pada gambar 3.4 *Piping and Instrumentation Diagram Brown's Gas system* perancangan dimulai dari tangki yang menampung campuran larutan *aquadest* dan KOH yang menuju ke generator untuk memanaskan dengan cara elektrolisis yang bertujuan untuk memanaskan campuran larutan *aquadest* dan KOH agar menjadi uap gas HHO, dari generator tersebut uap gas HHO akan masuk kedalam tangki untuk proses pemisahan kandungan larutan *aquadest* dan KOH dengan gas HHO. Selanjutnya gas HHO akan disalurkan masuk kedalam karburator untuk dicampurkan dengan bendin dan udara bebas, setelah tercampur akan masuk keruang pembakaran kendaraan motor. Proses tersebut akan berulang terus-menerus selama *Brown's Gas system* terus aktif.

Pemasangan dari *servo operating valve* diletakkan pada saluran gas HHO dan pemasangan sensor O_2 ditempatkan pada ujung knalpot yang bertujuan untuk mengendalikan kadar oksigen dengan *setpoint* 15% ketika kadar oksigen kurang dari *setpoint* yaitu 15% maka *servo operating valve* akan membuka 100% dan sebaliknya ketika pada ruang bakar kadar oksigen $> 15\%$ maka bukaan *servo operating valve* 0%



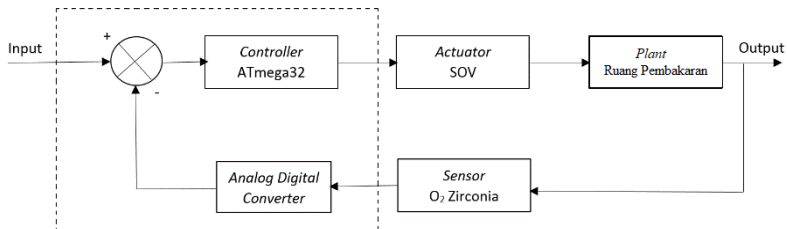
Gambar 3.5 Rancang Bangun Sistem Pengendalian Laju Aliran Gas HHO

Dalam proses sistem pengendalian laju aliran gas HHO sensor dipasang pada pangkal knalpot sehingga pembacaan kadar O_2 lebih akurat karena sensor lebih dekat dengan ruang bakar, *controller* menggunakan ATmega32, Controller menerima data ADC dari sensor O_2 yang nantinya akan dikirim ke servo operating valve untuk mengatur suplai gas HHO ke karburator.

3.3 Perancangan sistem pengendalian laju aliran

Pada gambar 3.5 rancang bangun sistem pengendalian laju aliran merupakan gambaran proses keseluruhan pada *Brown's Gas system*, pada tugas akhir ini dilakukan perancangan sistem kontrol laju aliran gas HHO, dari proses diatas perancangan sistem kontrol ini terdapat pada lingkaran merah. Perancangan sistem kontrol laju

aliran dapat dilihat pada sistem pengendalian *close loop* sebagai berikut :



Gambar 3.6 Diagram Blok Sistem Pengendalian Laju Aliran

Pada gambar diatas merupakan komponen-komponen yang dibutuhkan dalam perancangan sistem pengendalian laju aliran gas HHO pada *Brown's Gas system* adalah sebagai berikut :

- **Sensor** : Merupaka elemen yang berfungsi untuk mensizing input yang telah masuk. Dalam hal ini sensor yang digunakan berupa sensor O₂
- **Controller** : fungsi dari elemen ini adalah untuk menerima data ADC yang nantinya akan dikirim ke LCD dan selanjutnya akan diolah menjadi data temperatur, *controller* yang digunakan pada sistem pengendalian ini adalah mikrokontroller atmega32.
- **Final Control Element** : Aktuator yang digunaan pada sistem pengendalian temperature ini adalah *Servo Operating Valve* (SOV) yang merupakan aktutor berfungsi untuk mengubah bukaan *Servo Operating Valve* (SOV) yang nantinya mengatur suplai gas HHO kedalam karburator agar kadar oksigen dapat diatur dengan cara memanipulasi besarnya manipulated variable, berdasarkan perintah controller.

Berikut adalah penjelasan detail untuk konfigurasi dan integrasi setiap instrument tersebut :

- sensor yang digunakan adalah sensor O₂ yang memiliki range pengukuran 0 – 20 % kadar oksigen dan memiliki keluaran berupa tegangan 0 – 1 vdc, kenaikan pembacaan sensor berbanding lurus dengan kenaikan tegangan keluaran dari sensor.
- Pada *final control element* digunakan sebuah *servo operating valve* yang digunakan untuk mengatur suplai gas HHO di karburator.
- Pada ATmega32 ini diaktifkan pin pada *power*, *analog input*, dan *digital*. Masing-masing pin tersebut digunakan untuk tampilan LCD, *input* dari sensor, *servo operating valve*.

BAB IV

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab 4 ini akan dijelaskan tentang pengujian alat dan sekaligus dilakukan analisis dari data yang telah diperoleh. Pengujian dilakukan untuk mengetahui bagaimana kondisi dan hasil yang didapatkan dari alat yang telah di buat. Berikut merupakan gambar *Brown's Gas system*.



Gambar 4.1 *Brown's Gas system*

4.1 Pengujian emisi gas buang

Berikut adalah data pengujian kadar emisi gas buang yang dilakukan di laboratorium teknik pembakaran dan bahan bakar ditunjukkan pada tabel 4.1 dengan AFR 1:14 maka didapatkan :

Tabel 4.1 hasil uji emisi kendaraan

RPM (KM/Jam)	CO (%vol)		CO2 (%vol)		HC (ppm)		O2 (%vol)		LAMDA						
	Bensin	Bensin + HHO	Bensin	Bensin + HHO	Bensin	Bensin + HHO	Bensin	Bensin + HHO	Bensin	Bensin + HHO					
20	0.406	0.337	16.99507	9.27	8.35	9.92449	22	13	40.9091	6.64	7.77	17.0181	1486	1588	6.86406
30	0.716	0.69	3.631285	9.83	7.45	24.2116	22	11	50	5.33	10.25	92.3077	1322	1826	38.1241
40	0.658	0.56	14.89362	10.68	6.53	38.8577	18	5	72.2222	4.31	13.67	217.169	1301	2289	75.9416
50	0.186	0.156	16.12903	11.06	8.18	26.0398	11	11	0	4.24	9.99	135.613	1250	1719	37.52
60	0.285	0.114	60	11	7.59	31	15	8	46.6667	4.3	12.2	183.721	1258	2048	62.7981
70	0.111	0.103	7.207207	10.71	9.36	12.605	32	5	84.375	5.16	8.54	65.5039	1321	1615	22.2559
Jumlah	2.362	1.96	17.01948	62.55	47.46	24.1247	120	53	55.8333	29.98	62.42	108.205	7938	11085	39.6447
rata-rata	0.393667	0.326667	17.01948	10.425	7.91	24.1247	20	8.83333	55.8333	4.996667	10.40333	108.205	1323	1847.5	39.6447

Dari data yang didapatkan seperti table 4.1 dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan gas HHO hasil emisi gas buang dari kendaraan bermotor dapat berkurang. Data diatas diambil dengan variasi RPM 20 Km, 30 Km, 40 Km, 50 Km, 60 Km 70 Km dengan efisiensi CO 17,02%, CO₂ 24,12%, HC 55,83%, O₂ 108,2%. Diman konversi 1% = 10000 ppm

Selain itu dilakukannya uji konsumsi bahan bakar Dari kendaraan bermotor dengan menggunakan pertalait 200ml tanpa HHO dapat menempuh jarak 5,1 Km sedangkan dengan penambahan gas HHO dapat menempuh jarak 7 Km. dari data tersebut dapat dihitung efisiensi dari penggunaan konsumsi bahanbakar kendaraan bermotor dengan pendambahan gas HHO adalah sebagai berikut :

$$\frac{\Delta Km}{Km \text{ tanpa HHO}} \times 100\%$$

$$\frac{7 - 5,1}{5,1} \times 100\% = 37,25\%$$

Sehingga dari data hasil uji konsumsi bahan bakar dari kendaraan bermotor dengan penambahan gas HHO memiliki efisiensi 37,25%

4.2 Pengujian sensor O₂

Berikut ini merupakan nilai hasil pembacaan sensor O₂.

Tabel 4.2 Tabel Uji Sensor Pembacaan Naik

No	Pembacaan standar (%)	Pembacaan Alat (%)					
		Data Ke					rata-rata
		1	2	3	4	5	
1	6.64	5.55	5.96	6.5	6.53	6.55	6.218
2	5.33	5.1	5.21	5.22	5.23	5.25	5.202
3	4.31	4.11	4.22	4.22	4.21	5.22	4.396
4	4.24	3.97	4.12	4.13	4.14	4.17	4.106
5	4.3	4.2	4.12	4.2	4.22	4.28	4.204
6	5.16	5.03	5.1	5.12	5.14	5.13	5.104
7	7.77	7.56	7.57	7.58	7.65	7.7	7.612
8	10.25	10.11	10.13	10.2	10.22	10.22	10.176
9	13.67	13.57	13.56	13.61	13.62	13.62	13.596
10	9.99	9.56	9.73	9.92	9.93	9.93	9.814
11	12.2	12.3	12.17	12.11	12.1	12.14	12.164
12	8.54	8.5	8.49	8.5	8.52	8.52	8.506

Tabel 4.3 Tabel Uji Sensor Pembacaan Turun

No	Pembacaan standar (%)	Pembacaan Alat (%)					
		Data Ke					Rata-rata
		1	2	3	4	5	
1	5.5	5.11	5.11	5.13	5.25	5.27	5.174
2	5.2	5.1	5.14	5.15	5.14	5.15	5.136
3	4.5	4.3	4.35	4.48	4.48	4.47	4.416
4	4.11	3.92	3.98	4.1	4.1	4.1	4.04
5	4.3	4.21	4.25	4.28	4.28	4.28	4.26
6	5.16	4.98	4.9	4.98	4.98	4.98	4.964
7	7.77	7.69	7.73	7.71	7.75	7.75	7.726
8	9.14	9.12	9.11	9.12	9.12	9.11	9.116
9	10.19	10.15	10.17	10.11	10.18	10.18	10.158
10	8.73	8.69	8.71	8.67	8.71	8.71	8.698
11	11.1	10.96	10.87	10.97	10.87	10.97	10.928
12	8.54	8.46	8.51	8.51	8.43	8.51	8.484

Tabel diatas merupakan hasil uji sensor O₂. dengan kalibrator gas analyzer yang berada di Lab. Bidang Konversi Energi. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai alat ukur yang dibaca sensor dengan nilai ukur yang dibaca alat standar dengan rentang ukur persentase kadar oksigen dari table diatas dapat menghitung standar deviasi sebagai berikut :

a. Ketidakpastian Tipe A (U_{a1})

$$U_{a1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (4.1)$$

Untuk mencari nilai ketidakpastian tipe A (U_{a1}) pertama mencari standar deviasi (σ) dari pembacaan alat ukur yakni jumlah dari nilai koreksi dibagi dengan ($n-1$), dimana n adalah jumlah data atau titik pengujian

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum(y_i - \bar{y})^2}}{n-1} = 0.1624 \quad (4.2)$$

Sehingga dari persamaan 4.2 dapat dicari nilai ketidakpastian tipe A (U_{a1}) sebagai berikut :

$$U_{a1} = \frac{5,23}{\sqrt{28}} = 0.04688 \quad (4.3)$$

b. Nilai Ketidakpastian Regresi (U_{a2})

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} \quad (4.4)$$

$$Y_{reg} = a + (b \times t_i) \quad (4.5)$$

$$a = \bar{y}_i - (b \times \bar{t}_i) \quad (4.6)$$

$$b = \frac{n \cdot \sum t_i y_i - \sum y_i \cdot \sum t_i}{n \cdot \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2} \quad (4.7)$$

$y_i = \text{Nilai koreksi}$

$$b = -0.403677019$$

Sehingga nilai :

$$a = 0.126345$$

Jadi, persamaan regresi menjadi

$$Y_{reg} = (0.776741201) + (-0.403677019 \times 62,5)$$

Yang menghasilkan nilai SSR = 0.44488098

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{757,18}{28-2}}$$

$$U_{a2} = 5.00422513$$

c. Nilai ketidakpastian tipe B

Pada ketidakpastian tipe B ini terdapat 2 parameter ketidakpastian, yaitu ketidakpastian Resolusi (UB1) dan ketidakpastian alat standar ThermoPalm (UB2). Berikut ini adalah perhitungan ketidakpastian tipe B :

$$U_{B1} = \frac{\frac{1}{2} \times \text{Resolusi}}{\sqrt{3}} = \frac{\frac{1}{2} \times 0.01}{\sqrt{3}} = 0.003 \quad (4.8)$$

$$U_{B2} = \frac{a}{k}, \quad (4.9)$$

dikarenakan pada alat standar terdapat sertifikat kalibrasinya maka nilai a (ketidakpastian sertifikat kalibrasi) dianggap mendekati 0, dan nilai faktor cakupan dianggap 2,0. Sehingga hasil : $U_{B2} = 0$

d. Nilai ketidakpastian kombinasi U_c :

$$U_c = \sqrt{Ua1^2 + Ua2^2 + Ub1^2 + Ub2^2} \quad (4.10)$$

$$U_c = \sqrt{0.9887892^2 + 5.004^2 + 0.003^2 + 0^2}$$

$$U_c = 5.117334084$$

Dengan kondisi V atau derajat kebebasan dari kedua tipe ketidakpastian, sebagai berikut :

$V = n-1$, sehingga :

$$V1 = 4; V2 = 4; V3 = \infty;$$

Dengan nilai V_{eff} (Nilai derajat kebebasan efektif) sebagai berikut :

$$V_{eff} = \frac{(U_c)^4}{\sum (U_i)^4 / v_i} \quad (4.11)$$

$$V_{eff} = \frac{(5.117334084)^4}{(0.9887892)^4/4 + (5.004)^4/4 + (0.003)^4/\infty}$$

$V_{eff} = 46.36308798$, sehingga jika dibulatkan menjadi 46, dimana pada table *T-student* menghasilkan nilai k (faktor koreksi) sebesar 2.67

Oleh karena itu, hasil nilai ketidakpastian berulang sebesar :

$$U_{exp} = k \times U_c \quad (4.12)$$

$$U_{exp} = 2.67 \times 5.117334084$$

$$\%U_{exp} = 13.79\%$$

Sehingga berdasarkan perhitungan ketidakpastian diperluas diatas, menghasilkan nilai ketidakpastian alat sebesar \pm dengan tingkat kepercayaan % dari tabel *T-Student*. Nilai ketidakpastian tersebut akan menjadi acuan untuk pembacaan alat ukur selama alat ukur tersebut digunakan.

Selanjutnya adalah mencari karakteristik statik. Karakteristik Statik adalah karakteristik yang harus diperhatikan apabila alat tersebut digunakan untuk mengukur suatu kondisi yang tidak berubah karena waktu atau hanya berubah secara lambat laun. Untuk itu perlu dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai karakteristik dari sensor O₂ diantaranya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{a. Sensitivitas (dari data pengujian alat)} &= \frac{\Delta O}{\Delta I} \quad (4.13) \\ &= \frac{33,6 - 28,9}{35 - 30} = 0.94 \end{aligned}$$

b. Akurasi :

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\% \quad (4.14)$$

dengan Y_n = Pembacaan standar dan X_n = Pembacaan alat

$$A = 1 - |0.04| \times 100\%$$

$$A = 96\%$$

c. Error :

$$e = 1 - A \quad (4.15)$$

$$e = 1 - 0.96$$

$$e = 0.04$$

Persen error = 4%

d. Histerisis

$H(I) = O(I)_{I\downarrow} - O(I)_{I\uparrow}$, $\bar{H} = H(I)_{max}$ sehingga :

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = \frac{\bar{H}}{O_{max} - O_{min}} \times 100\% \quad (4.16)$$

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = \frac{0.01}{33.6 - 28.9} \times 100\%$$

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = \frac{0.01}{4.7} \times 100\%$$

$$\% \text{ Maksimum histeresis} = 4.7\%$$

Sehingga diperoleh nilai karakteristik statik dari sensor O₂ Zirconia diantaranya :

- a. Range : 3.12 – 12.37
- b. Span : 20
- c. Resolusi : 0.01
- d. Sensitifivitas (K) : 0.94
- e. % maks Histerisis : 4.7%
- f. Akurasi : 96%
- Kesalahan (*error*) : 4%

4.3 Data hasil percobaan alat

Dari hasil percobaan alat yang telah dilakukan, didapatkan beberapa hasil data sebagai berikut

- Data Respon Aktuator terhadap pembacaan sensor
Dari pengambilan data, diperoleh hasil dari respon actuator terhadap pembacaan sensor adalah sebagai berikut:

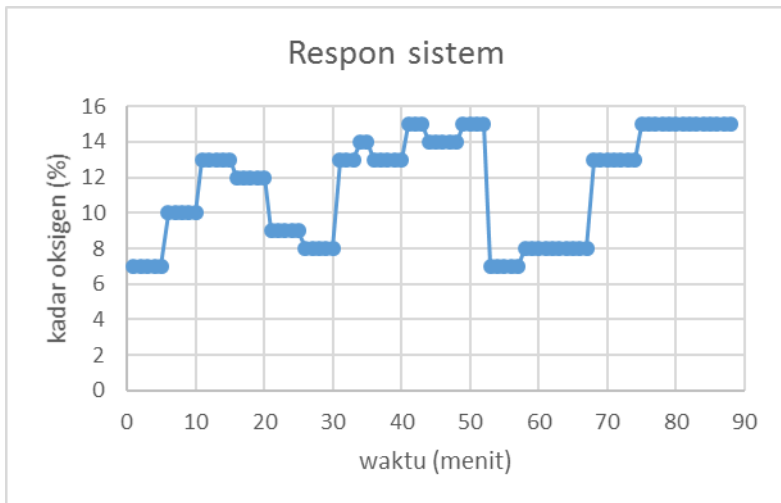
Tabel 4. 4 Respon Aktuator

No.	Bukaan Valve (%)	Pembacaan Sensor (%)
1	100	2
2	100	5
3	100	7
4	100	9
5	100	10
6	50	12
7	50	13
8	50	15
9	50	17
10	0	18
11	0	20

Berdasarkan data yang didapatkan yaitu respon actuator terhadap sensor. Pada data respon actuator dapat diketahui bahwa kerja actuator pada sistem ini akan menutup secara penuh (Full Close) pada keadaan kadar oksigen lebih dari 17%. Ketika kadar oksigen berada diantara 17-11% maka valve akan membuka sebanyak

50%, ketika kadar oksigen kurang dari 11% maka valve akan membuka 100%.

- Data Respon sistem terhadap waktu
Berdasarkan data yang diperoleh, berikut adalah data respon sistem mulai dari start up plant hingga nilai set point tercapai yaitu pada titik 15 %



Gambar 4. 1 *Grafik Respon System*

Dari data respon sistem pada gambar 4.2 didapatkan bawa kadar oksigen stady 15% pada menit ke 75

4.4 Pembahasan

Sistem pengendalian kadar oksigen pada ruang pembakaran ini dirancang menggunakan sensor O_2 . selain range pembacaan yang tinggi, jenis sensor ini mudah didapatkan disbanding type yang lain. O_2 yang digunakan pada tugas akhir ini juga telah diuji dan telah memenuhi kriteria standard yang dapat dilihat pada data diatas. Pemasangan O_2 sensor dilakukan mendekati ujung ruang

pembakaran. Hal ini bertujuan untuk mengetahui perubahan kadar O_2 setelah melewati ruang pembakaran.



Gambar 4. 2 Pemasangan Sensor

Gambar diatas merupakan hasil dari pemasangan O_2 sensor yang diletakkan mendekati ujung ruang pembakaran. Dari data percobaan yang telah dilakukan dapat diketahui kenaikan kadar oksigen



Gambar 4. 3 Pemasangan Aktuator

Sesuai dengan data yang telah diperoleh dari pengambilan data diatas dapat diketahui bahwa respon sistem pengendalian kadar oksigen pada plant ini memerlukan waktu

steady state sekitar 74 menit sejak plant dinyalakan. Setelah melakukan serangkaian uji gas emisi buang kendaraan dan uji konsumsi kendaraan dapat memberikan pengaruh dengan tanpa gas HHO dan penambahan gas HHO. Untuk uji emisi gas buang kendaraan dengan variasi RPM 20 Km, 30 Km, 40 Km, 50 Km, 60 Km 70 Km didapat efisiensi CO 17,02%, CO₂ 24,12%, HC 55,83%, O₂ 108,2%. Sedang untuk uji konsumsi bahan bakar didapat efisiensi 37,25%

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Setelah melakukan tahap perencanaan dan pembuatan yang kemudian dilakukan analisa dari sistem pengendalian ini maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Setelah pengujian dan studi literatur gas HHO dapat mereduksi gas buang dengan efisiensi gas buang sebesar CO 17,02%, CO₂ 24,12%, HC 55,83%, O₂ 108,2%
2. Dengan pengujian konsumsi bahanbakar kendaraan bermotor dengan penambahan gas HHO dapat memberikan efisiensi sebesar 37,25%

5.2 Saran

Dari kekurangan mulai dari proses pembuatan alat hingga proses pembuatan laporan, dapat diambil beberapa saran sebagai berikut:

1. Diperlukannya studi literatur karena untuk sensor O₂ zirconia sangat jarang digunakan.
2. Perlunya kalibrasi sensor agar pembacaan lebih akurat.
3. Perlu diperhatikan tentang kelistrikan kendaraan yang terbatas.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

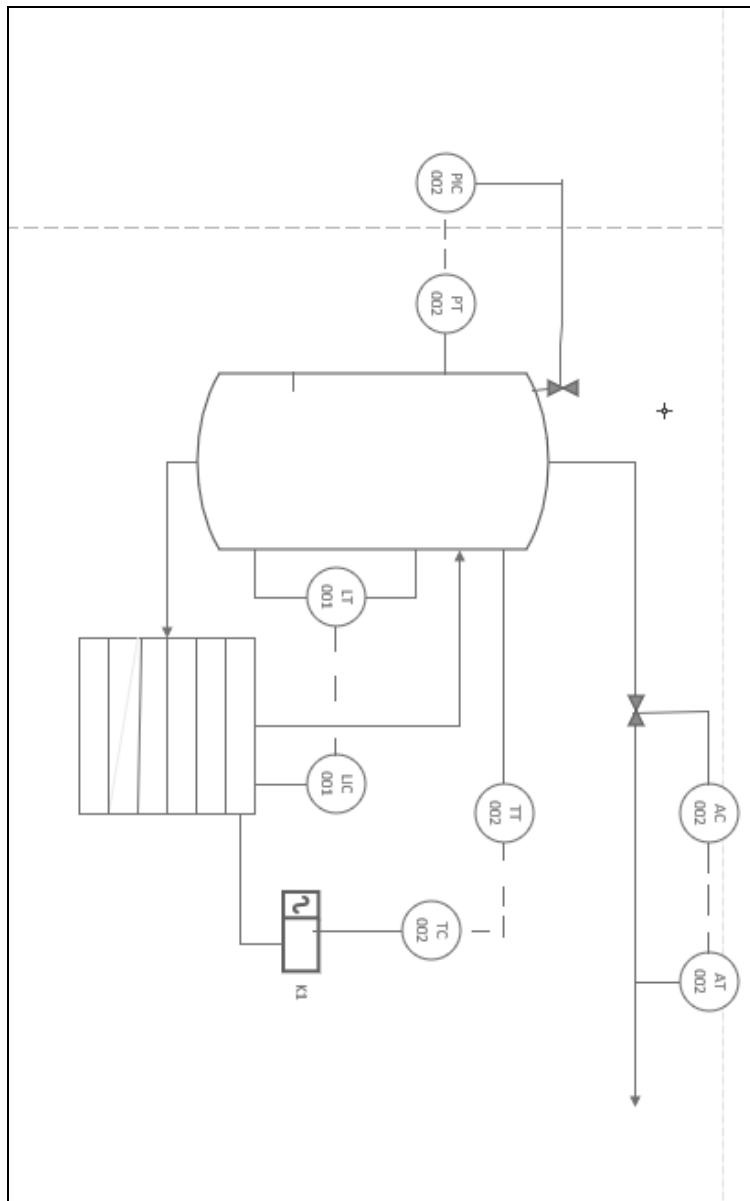
Bentley, John P. Principles of Measurement Systems – 4th edition. London : Pearson Education Limited

Elinur, 2010, "Perkembangan Konsumsi dan Penyediaan Energi dalam Perekonomian Indonesia," *Indonesian Journal of Agricultural Economics*, Vols. 2 No.1, ISSN 2087 – 409X, no. Energi terbarukan, p. 97 – 119, Indonesia.

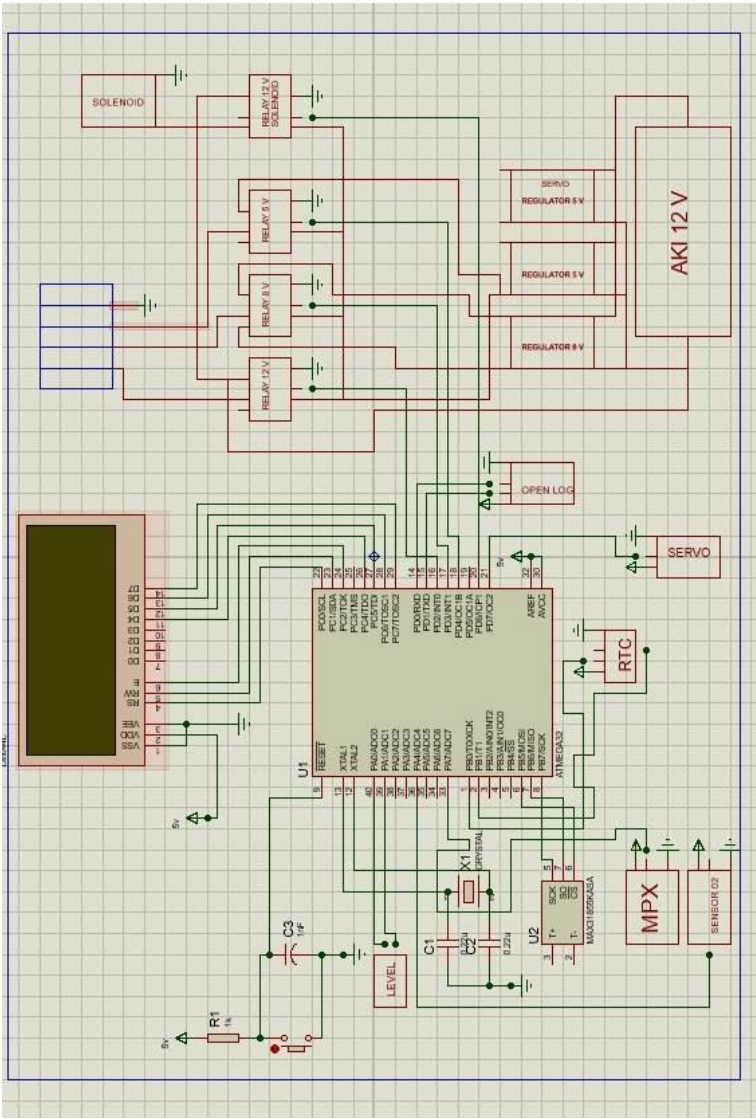
M. al khasaby dkk, 2016, “ *Effect of Hydroxy (HHO) gas additional on gasoline engine performance and emissions,*” *Alexandria engineering journal*, Egypt

S. Meyer, 2014, “*The History and Future of Brown’s Gas,*” *Los Gatos: The Academy for Future Science*, California.

LAMPIRAN A



LAMPIRAN B



LAMPIRAN C

No	Date	Time	Oksigen (%)
1	7/16/2018	22:23:00	7
2	7/16/2018	22:24:00	7
3	7/16/2018	22:25:00	7
4	7/16/2018	22:26:00	7
5	7/16/2018	22:27:00	7
6	7/16/2018	22:28:00	10
7	7/16/2018	22:29:00	10
8	7/16/2018	22:30:00	10
9	7/16/2018	22:31:00	10
10	7/16/2018	22:32:00	10
11	7/16/2018	22:33:00	13
12	7/16/2018	22:34:00	13
13	7/16/2018	22:35:00	13
14	7/16/2018	22:36:00	13
15	7/16/2018	22:37:00	13
16	7/16/2018	22:38:00	12

17	7/16/2018	22:39:00	12
18	7/16/2018	22:40:00	12
19	7/16/2018	22:41:00	12
20	7/16/2018	22:42:00	12
21	7/16/2018	22:43:00	9
22	7/16/2018	22:44:00	9
23	7/16/2018	22:45:00	9
24	7/16/2018	22:46:00	9
25	7/16/2018	22:47:00	9
26	7/16/2018	22:48:00	8
27	7/16/2018	22:49:00	8
28	7/16/2018	22:50:00	8
29	7/16/2018	22:51:00	8
30	7/16/2018	22:52:00	8
31	7/16/2018	22:53:00	13
32	7/16/2018	22:54:00	13
33	7/16/2018	22:55:00	13
34	7/16/2018	22:56:00	14

35	7/16/2018	22:57:00	14
36	7/16/2018	22:58:00	13
37	7/16/2018	22:59:00	13
38	7/16/2018	23:00:00	13
39	7/16/2018	23:01:00	13
40	7/16/2018	23:02:00	13
41	7/16/2018	23:03:00	15
42	7/16/2018	23:04:00	15
43	7/16/2018	23:05:00	15
44	7/16/2018	23:06:00	14
45	7/16/2018	23:07:00	14
46	7/16/2018	23:08:00	14
47	7/16/2018	23:09:00	14
48	7/16/2018	23:10:00	14
49	7/16/2018	23:11:00	15
50	7/16/2018	23:12:00	15
51	7/16/2018	23:13:00	15
52	7/16/2018	23:14:00	15

53	7/16/2018	23:15:00	7
54	7/16/2018	23:16:00	7
55	7/16/2018	23:17:00	7
56	7/16/2018	23:18:00	7
57	7/16/2018	23:19:00	7
58	7/16/2018	23:20:00	8
59	7/16/2018	23:21:00	8
60	7/16/2018	23:22:00	8
61	7/16/2018	23:23:00	8
62	7/16/2018	23:24:00	8
63	7/16/2018	23:25:00	8
64	7/16/2018	23:26:00	8
65	7/16/2018	23:27:00	8
66	7/16/2018	23:28:00	8
67	7/16/2018	23:29:00	8
68	7/16/2018	23:30:00	13
69	7/16/2018	23:31:00	13
70	7/16/2018	23:32:00	13

71	7/16/2018	23:33:00	13
72	7/16/2018	23:34:00	13
73	7/16/2018	23:35:00	13
74	7/16/2018	23:36:00	13
75	7/16/2018	23:37:00	15
76	7/16/2018	23:38:00	15
77	7/16/2018	23:39:00	15
78	7/16/2018	23:40:00	15
79	7/16/2018	23:41:00	15
80	7/16/2018	23:42:00	15
81	7/16/2018	23:43:00	15
82	7/16/2018	23:44:00	15
83	7/16/2018	23:45:00	15
84	7/16/2018	23:46:00	15
85	7/16/2018	23:47:00	15
86	7/16/2018	23:48:00	15
87	7/16/2018	23:49:00	15
88	7/16/2018	23:50:00	15

LAMPIRAN D

GAS ANALYSIS		
RPM	CO	CO ₂
0	0.313	9.14
[1/min]	[%vol]	[%vol]
TEMP.	HC	O ₂
---	22	6.80
[°C]	[ppm vol]	[%vol]
λ	CO _{cor.}	NO
1.477	0.496	-----
[--]	[%vol]	[ppm vol]

GAS ANALYSIS		
RPM	CO	CO ₂
0	0.649	10.49
[1/min]	[%vol]	[%vol]
TEMP.	HC	O ₂
---	12	4.64
[°C]	[ppm vol]	[%vol]
λ	CO _{cor.}	NO
1.258	0.877	-----
[--]	[%vol]	[ppm vol]

GAS ANALYSIS		
RPM	CO	CO ₂
0	0.372	7.27
[1/min]	[%vol]	[%vol]
TEMP.	HC	O ₂
---	6	11.10
[°C]	[ppm vol]	[%vol]
λ	CO _{cor.}	NO
1.976	0.730	-----
[--]	[%vol]	[ppm vol]

GAS ANALYSIS		
RPM	CO	CO ₂
0	0.098	10.22
[1/min]	[%vol]	[%vol]
TEMP.	HC	O ₂
---	8	6.87
[°C]	[ppm vol]	[%vol]
λ	CO _{cor.}	NO
1.468	0.138	-----
[--]	[%vol]	[ppm vol]

GAS ANALYSIS		
RPM	CO	CO ₂
0	0.792	8.55
[1/min]	[%vol]	[%vol]
TEMP.	HC	O ₂
---	20	7.19
[°C]	[ppm vol]	[%vol]
λ	CO _{cor.}	NO
1.489	1.271	-----
[--]	[%vol]	[ppm vol]

GAS ANALYSIS		
RPM	CO	CO ₂
0	0.901	9.54
[1/min]	[%vol]	[%vol]
TEMP.	HC	O ₂
---	11	5.70
[°C]	[ppm vol]	[%vol]
λ	CO _{cor.}	NO
1.335	1.294	-----
[--]	[%vol]	[ppm vol]

LAMPIRAN C

LISTING PROGRAM PADA CVAVR

/******

*

This program was produced by the
CodeWizardAVR V2.05.3 Standard
Automatic Program Generator
© Copyright 1998-2011 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
<http://www.hpinfotech.com>

Project :
Version :
Date : 6/27/2018
Author : TEAM BROWN'S GAS
Company :
Comments:

Chip type : ATmega32A
Program type : Application
AVR Core Clock frequency: 8.000000 MHz
Memory model : Small
External RAM size : 0
Data Stack size : 512

/

```
#include <mega32a.h>
#include <funksi.h>
#include <delay.h>
// I2C Bus functions
#include <i2c.h>
// DS1307 Real Time Clock functions
#include <ds1307.h>
```

```

// Alphanumeric LCD functions
#include <alcd.h>
// Standard Input/Output functions
#include <stdio.h>
#define ADC_VREF_TYPE 0x20
#define cs_suhu PORTB.4
#define level_1 PINA.0
#define level_2 PINA.1
#define solenoid PORTD.6
#define level_low PORTD.5
#define relay_3 PORTD.4
#define relay_2 PORTD.3
#define relay_1 PORTD.2
#define off 1
#define on 0
#define servo OCR2
#define buka 30
#define buka_setengah 90
#define tutup 150

float v,psi,kpa,mmhg,bar;
unsigned char tampil[33];

unsigned char old_kondisi_suhu, kondisi_suhu;
signed char adc_tekanan=0;
signed char adc_oksigen=0,kondisi_servo;
int xcount=0;
signed int oksigen,oksi_ref=51;
int level=0,old_level=0,new_level=0;
unsigned char jm,mn,dt,tg,bl,th,ming,old_dt;
unsigned result,satuan,suhu,koma;
int ever_open=0,count_press=0;

```

```

float add_press=0;
// Read the 8 most significant bits
// of the AD conversion result
unsigned char read_adc(unsigned char adc_input)
{
    ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
    // Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
    delay_us(10);
    // Start the AD conversion
    ADCSRA|=0x40;
    // Wait for the AD conversion to complete
    while ((ADCSRA & 0x10)==0);
    ADCSRA|=0x10;
    return ADCH;
}
// SPI functions
#include <spi.h>
// Declare your global variables here
////////////////////TEKANAN////////////////////////////////////
void baca_tekanan()
{
    adc_tekanan =(read_adc(3)-42);
    if(adc_tekanan <=0)
        adc_tekanan = 0;
    v = adc_tekanan * 0.01960784 ;
    kpa =(v/5)/0.0012858;
    psi = kpa*0.145;
    mmhg = kpa*7.5;
    bar = (psi * 0.0690);
    task_tekanan();
}
void task_tekanan()

```

```

{
    if(psi>=5.8)
    {
        solenoid = on;
        ever_open = 1;
    }
    else
    {
        solenoid = off;
    }
}

////////////////////////////////SUHU //////////////////////////////////
void baca_suhu()
{
    cs_suhu = on;
    result = (unsigned) spi(0)<<8;
    result |= spi(0);
    cs_suhu = off;

    result = (unsigned)((((unsigned long ) result * 5000)/4096L);
    satuan =result/40;
    koma = result%40;
    suhu = satuan+3;

    //  suhu = suhu + 1;
    //  if ( suhu >= 65 )
    //      suhu =0;

    if (suhu <=0)
        suhu = 0;
    delay_ms(500);
}

```

```

if ( suhu >= 45)
    kondisi_suhu = 0;
else if ( suhu >= 44)
    kondisi_suhu = 1;
else if ( suhu >= 43)
    kondisi_suhu = 2;
else
    kondisi_suhu = 3;

task_suhu();
old_kondisi_suhu = kondisi_suhu;
}
void task_suhu()
{
    if(old_kondisi_suhu != kondisi_suhu)
    {
        if(kondisi_suhu == 3)
        {
            relay_1 = off;
            relay_2 = off;
            relay_3 = on;
        }
        else if(kondisi_suhu == 2)
        {
            relay_1 = off;
            relay_2 = on;
            relay_3 = off;
        }
        else if(kondisi_suhu == 1)
        {
            relay_1 = on;
            relay_2 = off;

```

```

        relay_3 = off;
    }
    else if(kondisi_suhu == 0)
    {
        relay_1 = off;
        relay_2 = off;
        relay_3 = off;
    }
}

}

////////////////////////////////OKSIGEN //////////////////////////////////
void baca_oksigen()
{
    adc_oksigen = read_adc(2);
    task_oksigen();
}

void task_oksigen()
{
    oksigen = (adc_oksigen * 100) / oksi_ref ;
    if(oksigen < 0)
        oksigen = oksigen * (-1);

    if(oksigen >= 15)
        oksigen = 15;

    if(oksigen <= 10){
        servo = buka;
        kondisi_servo = 100;
    }
    else if (oksigen <= 15){
        servo = buka_setengah;
        kondisi_servo = 50;
    }
}

```



```

    }
    else {
        servo = tutup;
        kondisi_servo = 0;
    }
}

/////////////////LEVEL ///////////////////

void baca_level()
{
    if(level_1==0 && level_2==0){
        new_level=0;
        lcd_gotoxy(6,2);
        lcd_putsf("LOW ");
        level_low = on;
    }
    else if(level_1==1 && level_2==0){
        new_level=50;
        lcd_gotoxy(6,2);
        lcd_putsf("MEDIUM");
        level_low = off;
    }
    else if (level_1==1 && level_2==1){
        new_level=100;
        lcd_gotoxy(6,2);
        lcd_putsf("HIGH ");
        level_low = off;
    }
    task_level();
    old_level=new_level;
}

void task_level()
{

```

```

    if(old_level != new_level)
        level = new_level;
}
//////////tampilan data tekanan //////////
void tampil_lcd()
{
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf("Tekanan :");

    lcd_gotoxy(8,0);
    sprintf (tampil,"% .2f psi ",psi);
    lcd_puts (tampil);

//  lcd_gotoxy(17,0);
//  sprintf (tampil,"%d ",adc_tekanan);
//  lcd_puts (tampil);
//

    //////////tampilan data suhu//////////
    lcd_gotoxy(0,1);
    lcd_putsf("Suhu:");

    lcd_gotoxy(5,1);
    sprintf (tampil,"%d,%d ",suhu,koma);
    lcd_puts (tampil);
    lcd_gotoxy(10,1);
    lcd_putchar(0xDF);
    lcd_gotoxy(11,1);
    lcd_putchar('C');

    lcd_gotoxy(13,1);
    sprintf (tampil,"%d",kondisi_suhu);
    lcd_puts (tampil);

```

```

//////////tampilan data oksigen//////////
lcd_gotoxy(0,3);
lcd_putsf("O2:");

lcd_gotoxy(3,3);
sprintf (tampil,"%d ",oksigen);
lcd_puts (tampil);
lcd_gotoxy(5,3);
lcd_putchar('%');

lcd_gotoxy(7,3);
sprintf (tampil,"%d ",kondisi_servo);
lcd_puts (tampil);
//////////tampilan data level//////////
lcd_gotoxy(0,2);
lcd_putsf("Level:");
//////////tampilan data waktu//////////
lcd_gotoxy(12,2);
sprintf (tampil,"%02d-%02d-%02d",tg,bl,th);
lcd_puts (tampil);
lcd_gotoxy(12,3);
sprintf (tampil,"%02d:%02d:%02d",jm,mn,dt);
lcd_puts (tampil);
}
void get_time()
{
    rtc_get_time(&jm,&mn,&dt);
    rtc_get_date(&ming,&tg,&bl,&th);
}
void tulis_judul()
{
    printf("Date");
}

```

```

    putchar(9);
    printf("Time");
    putchar(9);
    printf("Tekanan");
    putchar(9);
    printf("Suhu");
    putchar(9);
    printf("Level");
    putchar(9);
    printf("Oksigen");
    putchar(10);
    putchar(13);
}
void simpan_data()
{
    printf ("%02d-%02d-%02d",tg,bl,th);
    putchar(9);
    printf ("%02d:%02d:%02d",jm,mn,dt);
    putchar(9);
    printf (".2f",bar);
    putchar(9);
    printf ("%d,%d",suhu,koma);
    putchar(9);
    if (new_level == 0)
    printf ("LOW");
    else if (new_level == 50)
    printf ("MEDIUM");
    else if (new_level == 100)
    printf ("HIGH");
    putchar(9);
    printf ("%d",oksigen);
    putchar('%');
}

```

```

        putchar(10);
        putchar(13);
    }
    void main(void)
    {
        // Declare your local variables here

        // Input/Output Ports initialization
        // Port A initialization
        // Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
        Func1=In Func0=In
        // State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
        State1=T State0=T
        PORTA=0x03;
        DDRA=0x00;

        // Port B initialization
        // Func7=Out Func6=In Func5=Out Func4=Out Func3=In
        Func2=In Func1=In Func0=In
        // State7=0 State6=T State5=0 State4=0 State3=T State2=T
        State1=T State0=T
        PORTB=0x00;
        DDRB=0xB0;

        // Port C initialization
        // Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
        Func1=In Func0=In
        // State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
        State1=T State0=T
        PORTC=0x00;
        DDRC=0x00;
    }
}

```

```

// Port D initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
State1=T State0=T
PORTD=0xFC;
DDRD=0xFC;

// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 0 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC0 output: Disconnected
TCCR0=0x00;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;

// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer1 Stopped
// Mode: Normal top=0xFFFF
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x00;
TCNT1H=0x00;

```

```
TCNT1L=0x00;  
ICR1H=0x00;  
ICR1L=0x00;  
OCR1AH=0x00;  
OCR1AL=0x00;  
OCR1BH=0x00;  
OCR1BL=0x00;
```

```
// Timer/Counter 2 initialization  
// Clock source: System Clock  
// Clock value: 125.000 kHz  
// Mode: Fast PWM top=0xFF  
// OC2 output: Inverted PWM  
ASSR=0x00;  
TCCR2=0x7C;  
TCNT2=0x00;  
OCR2=0x00;
```

```
// External Interrupt(s) initialization  
// INT0: Off  
// INT1: Off  
// INT2: Off  
MCUCR=0x00;  
MCUCSR=0x00;
```

```
// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization  
TIMSK=0x00;
```

```
// USART initialization  
// Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop, No Parity  
// USART Receiver: On  
// USART Transmitter: On
```

```

// USART Mode: Asynchronous
// USART Baud Rate: 9600
UCSRA=0x00;
UCSRB=0x18;
UCSRC=0x06;
UBRRH=0x00;
UBRRL=0x33;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 1000.000 kHz
// ADC Voltage Reference: AREF pin
// Only the 8 most significant bits of
// the AD conversion result are used
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x83;

// SPI initialization
// SPI Type: Master
// SPI Clock Rate: 2000.000 kHz
// SPI Clock Phase: Cycle Start
// SPI Clock Polarity: Low
// SPI Data Order: MSB First
SPCR=0x50;
SPSR=0x00;

// TWI initialization

```



```

// TWI disabled
TWCR=0x00;

// I2C Bus initialization
// I2C Port: PORTB
// I2C SDA bit: 1
// I2C SCL bit: 0
// Bit Rate: 100 kHz
// Note: I2C settings are specified in the
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|I2C menu.
i2c_init();
// DS1307 Real Time Clock initialization
// Square wave output on pin SQW/OUT: Off
// SQW/OUT pin state: 0
rtc_init(0,0,0);

// Alphanumeric LCD initialization
// Connections are specified in the
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|Alphanumeric LCD
menu:
// RS - PORTC Bit 7
// RD - PORTC Bit 6
// EN - PORTC Bit 5
// D4 - PORTC Bit 3
// D5 - PORTC Bit 2
// D6 - PORTC Bit 1
// D7 - PORTC Bit 0
// Characters/line: 20
lcd_init(20);

//set time rtc //
jm = 12;

```

```

mn = 37;
dt = 00;
ming = 01;
tg = 8;
bl = 07;
th = 18;
//rtc_set_time(jm,mn,dt);
//rtc_set_date(ming,tg,bl,th);
tulis_judul();

```

```

while (1)
{
    baca_tekanan();
    delay_ms(20);
    baca_oksigen();
    delay_ms(20);
    baca_level();
    delay_ms(20);
    tampil_lcd();
    baca_suhu();
    get_time();
//    lcd_clear();
    if(dt != old_dt)
    {
        simpan_data();
        old_dt = dt;
    }
}

```

BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis adalah Aditya Catur Prasetyo, lahir di kota Madiun pada tanggal 5 Oktober 1996 dari ayah bernama Sarmanto dan ibu bernama Sarti. Penulis merupakan anak keempat dari empat bersaudara. Pada tahun 2009 penulis menyelesaikan Pendidikan setara SDN Pagotan I Kec. Geger Kab Madiun, pada tahun 2012 menyelesaikan pendidikan setara MTs Negeri Sewulan, pada tahun 2015 menyelesaikan pendidikan di SMK Negeri 3 Madiun. Pada tahun yang sama, penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Departemen Teknik Fisika jurusan D3 Teknik Metrologi & Instrumentasi. Penulis telah aktif dalam beberapa organisasi dan kepanitiaan, seperti menjadi staff di Workshop Instrumentasi hingga menjadi Kepala Divisi Maintenance Workshop Instrumentasi. Menjadi panitia acara Engineering Physics Week (EPW) yang diadakan oleh Departemen Teknik Fisika pada tahun 2016. Pada bulan Juni 2018 penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“Rancang Bangun Sistem Pengendalian Laju Aliran *Brown’s Gas* Pada Ruang Pembakaran Menggunakan Generator HHO Tipe *Dry Cell*”**. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir ini, maka dapat menghubungi penulis melalui *email: caturaditya9@gmail.com*.